第9卷 第2期
1988年5月

动 物 学 研 究
ZOOLOGICAL RESEARCH

Vol. 9, No. 2
May., 1988

用新的计量方法研究黑腹果蝇的求爱歌

陈暨耀 吴伟忠 蔡怀新

（复旦大学物理系 上海）

庚镇诚

（复旦大学遗传研究所）

摘 要

对雄果蝇求爱脉冲歌的研究已有多年的历史，但对脉冲间隔的计量方法并不方便。本文介绍我们采用微机终端计时新技术，自动对脉冲进行计数，可在范围更为广泛的数据信息内，对果蝇脉冲歌进行测量统计，对ipi分布中纵数与平均值的关系提出我们的看法，并首次对ipf及npb的分布进行了研究。

关键词：求爱歌，隔离因子，种间鉴别

动物在求偶交配过程中，雌雄之间需要有一定的信息传递，包括视觉、听觉、嗅觉或触觉，在果蝇的求偶交配过程中，听觉是一个重要的因素。果蝇在交配中有着特殊的求偶行为，即在交配前的求偶过程中，雄蝇伸出近雌蝇的一翅，振动其翅膀发出声波，称为“唱求爱歌”，雌蝇在接收到同种果蝇的特定求爱歌后才予以接纳。因此果蝇的求爱歌是一种重要的特征行为，关系到种族的繁衍与进化，有复杂的遗传基础。

从第一次从示波器上观察到黑腹果蝇的求爱歌（Shorey, 1962）至今已有20多年历史了，许多国外学者（Ewing, 1983）对不同种果蝇的求爱歌进行了研究，在国内我们组也于1985年初开始对果蝇的求爱歌进行研究（庚镇城等）。大量的研究表明，不同种的果蝇有不同的求爱歌，因此求爱歌被认为是种间交配的绝缘隔离因子之一。求爱歌中具有特征鉴别意义的是它的脉冲歌，黑腹果蝇（*D. melanogaster*）的脉冲歌如图1所示，雄蝇展开一翅进行一次阵发（burst）后，产生一串脉冲波。每个波列由不同的脉冲数组成；称为npb（Pulse numbers of per burst）每个脉冲波中，两个波峰间的时间间隔为周期τ（见图1），$1/\tau$即为脉冲内的频率，称为ipf（intra pulse frequency）；波列中两相邻脉冲间的时间间隔称为ipi（inter pulse interval）。以上三因素中，ipi被认为是关键性的鉴别参数（Bennet-clark, 1969），最具有种的特异性。

本文1987年1月21日收到，1987年6月8日收到修改稿。

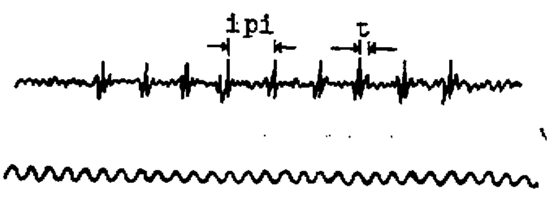


图1 黑腹果蝇的脉冲歌（上）参考信号（下）

Fig. 1 Pulse song of D. melanogaster (upper) Reference signal (lower)

过去测量的技术大都是采用对求爱歌的声波信号放大后在示波器上显示，然后用拍照的方式（Bennet-clark，1968；庚镇城等），或类似的光敏记录的方式（Kyriacou，1980），或用快速走纸记录仪（Kawanish，1980；Hoikkala，1985）记录下类似图1的脉冲波列，然后用参考信号作为时标标尺，量出ipi及ipf。由于每个ipi及ipf的测量都需要用标尺去量出，这种计量方法相当耗时费工，这不仅限制了测量的精度而且限制了对极其大量的ipi及ipf进行测量统计。为了在数量更为众多的层次上，对果蝇求爱歌中的ipi及ipf测量其统计分布，进一步对其特征进行详细的研究，搞清其关键性参数，我们采用微机终端计时技术（测量精度为0.1ms），对成千上万个脉冲进行测量分析，而且可以方便地测量比较同种果蝇ipi分布的个体差异，并对不同波列中脉冲数的分布特征进行统计，进而对npb的作用进行探讨。

材料和方法

所采用的果蝇为标准的野生型，Canton-special（Canton-s）本品系引自日本东京大学堀田实验室。果蝇饲养在由玉米粉、洋菜、蔗糖和酵母配制的培养剂中。刚羽化的雄蝇和处女蝇单独饲养在盛有新鲜培养剂的小培养瓶中，当它们3—6日龄成熟期，将一对雄、雌蝇放入玻璃制成的交尾测量室中，一边通过透视窗监视果蝇的行为，一边对雄蝇的求爱歌进行测量。

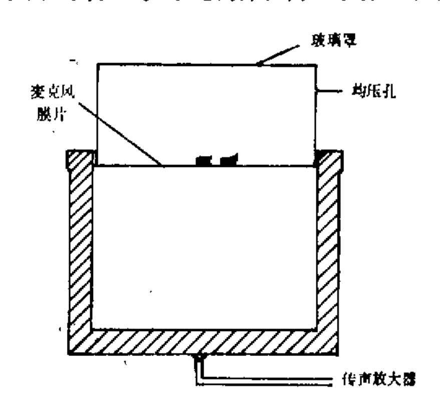


图2 麦克风及测量室示意图

Fig. 2 Microphone and mating cell

由于果蝇的求爱歌非常微弱，信号功率不超过10^{-10}瓦（Bennet-clark，1970），我们采用特制的高灵敏度驻极电容传声器话筒，并剥去盖片，让膜片直接暴露在外，交尾测量室就盖在传声器膜片上，如图2所示。由于信号很微弱，为避免环境噪声的干扰，传声器及测量室是放在隔声隔振箱中，其装置系统如图3所示。当测量交尾室中的雄蝇向雌蝇发出求爱歌时，

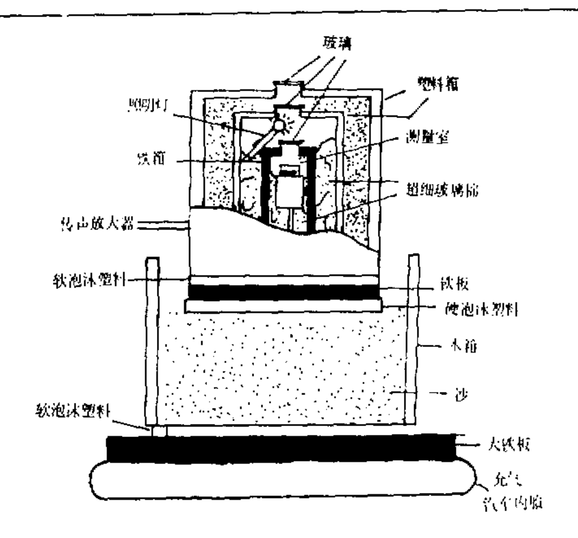


图 3　隔声隔振系统装置图

Fig. 3　Isolation system of sound and vibration

传声器将声信号转变为电信号，经传声放大器放大后，一边送进示波器监视其波形，一边用录音机系统进行录音，录下的信号可随时送入存储示波器观察其波形，需要时可拍照。再将信号送入整形器、采样器，整形采样后送入微机，用计算机对数据处理后进行终端计时，测出其ipi、ipf及npb，并打印出结果，整个测量系统如图4所示。由于整个测量系统采用自动记录、微机自动处理的方式，故可对大量求爱歌的信息进行测量统计，来探讨和分析其分布的特点及规律。

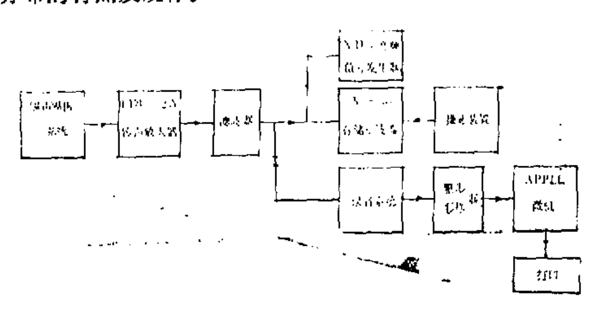


图 4　测量及记录系统

Fig. 4　Measuring and recording system

结　果

两对同是 3 日龄的果蝇被前后进行测量，两对果蝇中雄蝇的 ipi 分布如图 5、图 6 所示，图中对两只雄蝇各统计了1098个ipi，图中横坐标是ipi的时间间隔，单位是 ms，

纵坐标是各个ipi相对分布的百分比。由图可见两雄蝇ipi的分布趋势大致相同，各有一分布极大值，称为纵数，但纵数的值却不相同，一个为35m·，另一个为33m·，如以ipi的

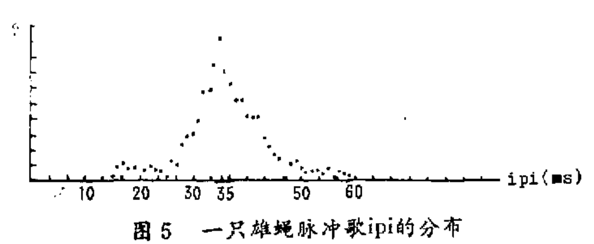


图5 一只雄蝇脉冲歌ipi的分布

Fig. 5 ipi distribution of one malés pulse song

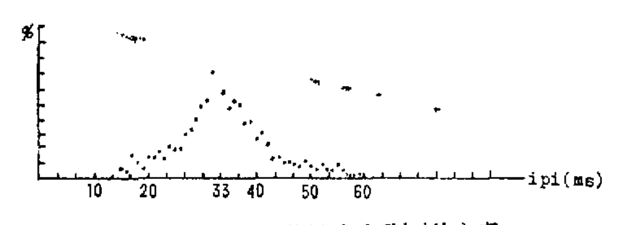


图6 另一只雄蝇脉冲歌ipi的分布

Fig. 6 ipi distribution of another malés pulse song

纵数代表ipi的特征值，可见在此特征值上也存在着个体差异，因此似乎雄蝇对ipi这个特征鉴别因子的要求并不是很严格的，而是允许一定的范围，图7是对12对果蝇9746个ipi测量统计的结果。由图可见，在极大值（纵数）两侧的分布大体上是对称的，其

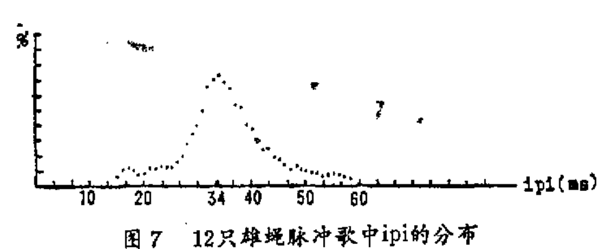


图7 12只雄蝇脉冲歌中ipi的分布

Fig. 7 ipi distribution of twelve malés pulse song

纵数为34ms，经计算ipi的平均值为35.1ms，与国外学者所报道的黑腹果蝇ipi平均值相比较，Ewing和Bennet-clark报告(1968)为33.8ms，Schilcher和Manning的报告(1975)为34.6m·，Kawanish和Watanabe报告（1980）为33ms。这些结果与我们的结果彼此之间互有差异，但差异并不大，这正反映了ipi的特征值并不是很绝对的，图7中ipi的分布图也正说明了这一点，ipi是集中分布在一段区域内，因此对ipi特征值来说是存在一

定的弹性范围。

黑腹果蝇脉冲歌中的另一参量，npb（即一次阵发波列中的脉冲数），虽然还没有受到国外学者的足够重视，我们发现它也存在着典型的特征性。由于我们采用微机自动计时装置，也可以对其进行方便的测量统计，其分布图如图 8 所示。图中横坐标为每次

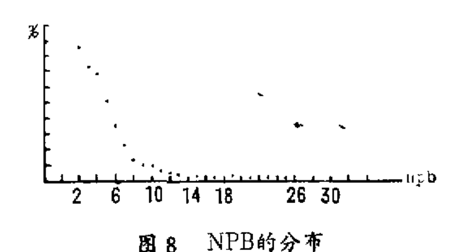


图 8　NPB的分布

Fig. 8　Distribution of npb

阵发波列的脉冲数，由前图 7 可知ipi中大于60ms的个数极少，故我们用60ms作为判据，时间间隔在60ms内的脉冲作为一个波列内，大于 60ms 则作为另一波列进行统计。图 8 中纵坐标为相对分布的百分比。由图可见虽然雄蝇一次阵发最多可产生30个脉冲，但绝大多数的阵发只产生几个脉冲，其分布也具有典型的特征性，脉冲数越多则几率越小，此求爱歌中的npb特征是否也是一有用的信息被雌蝇所接受，是否在求偶交配过程中也起着鉴别因子或其他作用，以及与其他种的果蝇求爱歌中的 npb 有何差异，正在进一步研究。

对果蝇求爱歌中的另一因子 ipf，大多数学者认为在求偶过程中所起用作用甚微。迄今为止虽然ipf的平均值多有报道，但从未有过ipf的统计分布图。图 9 是我们对ipf测量统计的结果，由图可见 ipf 的分布范围较广，且分布较平缓，其典型特征值并不明显，故由此也可解释ipf在求偶过程中作用甚微之原因。

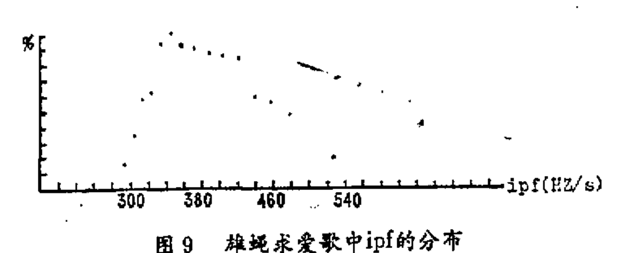


图 9　雄蝇求爱歌中ipf的分布

Fig. 9　Distribution of ipf

讨　论

果蝇的特征求偶行为——求爱歌，曾引起生物界许多学者的关注，但大多数人只停留在对 ipi 平均值的研究，并普遍认为ipi的平均值即代表了此种果蝇求爱歌的特征鉴别

因子，直到1981年Cowing和Burnet才研究了ipi的分布，作出了ipi的分布图，比较了ipi的纵数与平均值，并提出ipi的纵数比ipi的平均值更能代表ipi的特征值。在我们的实验中，用微机计时的技术统计了更为丰富的数据，完成了更为详细的分布图，ipi的纵数与平均值也稍有差异，但我们认为关键在于，由ipi的分布图可见，ipi的分布并不是相当陡峭的，在一小范围内均有较高的分布几率，因此其纵数所具有的地位也相对下降。另外由于不同雄蝇ipi的纵数也存着有个体差异引起的漂移，而由交配结果可见雌蝇对此ipi纵数的漂移并不敏感，均能接受求偶交配，有意义的值应是围绕ipi代表值的一段范围，纵数与平均值之争并无多大意义。

另外在实验中，首次对npb的分布进行了测量统计，其分布似乎与ipi一样具有明显的峰值，这是否在求爱歌的信息传送中起着某种作用，这一令人颇感兴趣的新方面，尚有待于进一步探讨。

参考文献

Bennet-Clark, H. C. and Ewing, A. W. 1968 The wing and mebganism involved in the courtship song of Drosophila. *J. Exp. Biol* 49:117.

Bennet-Clark, H. C. and Ewing, A. W. 1969 Pulse interval as the critical parameter of the courtship song of Drosophila melanogaster. *Animal Behaviour* 17:755.

Bennet-Clark, H. C. and Ewjng, A. W. 1970 The love song of fruit fly. *Scientific American* 233:85.

Cowling, D. E. and Burnet, B 1981 Courtship songs and genetic control of their acoustic characteristics in sibling species of the Drosophila melanogaster subgroup. *Anim. Behav* 29:924.

Ewing, A. W. and Bennet-Clark, H. C. 1968 The courtship songs of Drosophila. *Behaviour* 31:288.

Ewing, A. W. 1983 Functional aspects of Drosophila courtship. *Biol. Rev* 31:275.

Hoikkala, A. 1985 Genetic variation in the male courtship sound of Drosophila littoralis. *Behavior Genetics* 15:135.

Kawanish, M. and Watanabo, T. K. 1980 Genetic variation of courtship song of Drosophjla melanogaster and Drosophila simulans. Japan. *J. Genetics* 55:235.

Kyriacou, C. P. and Hall 1980 Cirradian rhythm mutations in Drosophila melanogaster affect flutuation in the male's courtship song. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 77:6729.

Schilcher, F. V. and Manning, A 1975 Courtship song and mating speed in hybrids between Drosophila melanogaster and Drosophila simulans. *Behav. Genet* 5:397.

Shorey, H. H. 1962 Nature of sound produced by Drosophila melanogaster during courtship. *Science* 137:677.

USING A NEW COUNTING METHOD TO STUDY THE COURTSHIP SONG OF *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Chen Jiyao　Wu Weizhong　Cai Huaixin

(physics department, Fudan University, Shanghai)

Keng Zhencheng

(Genetica Institute, Fudan University, Shanghai)

The courtship pulse song of fruit fly has been studied for many years. But the counting method for interpulse interval of courtship song is still not convenient up to now. In this paper, a new method of counting measurement is introduced. Using the time counting technics of microcomputer terminal, the pulse interval can be counted automatically so that a large number of pulse song can be measured and analysed rapidly. The authors also report their point of view about the difference between mode of ipi and mean of ipi. And a study of the distribution of ipf and npb has been carried out in first time.

Key words: courtship song, isolating factor, species recognition